

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2005 年 9 月 15 日 (15.09.2005)

PCT

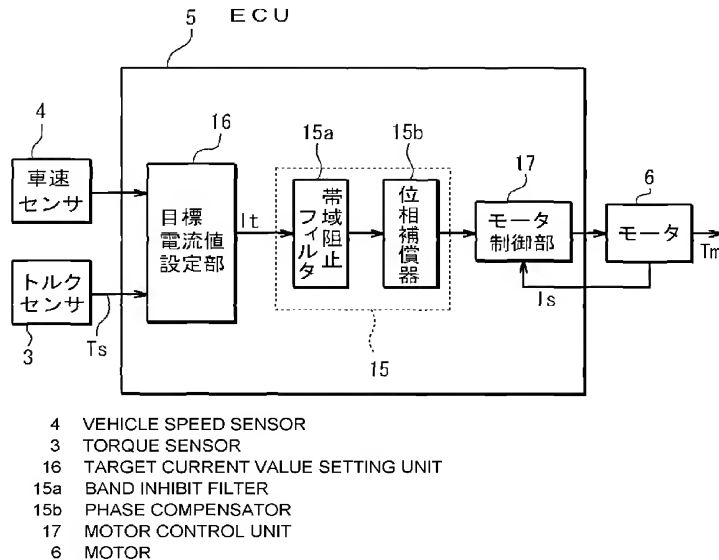
(10) 国際公開番号  
WO 2005/085041 A1

- (51) 国際特許分類: **B62D 6/00, 5/04**
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2005/003607
- (22) 国際出願日: 2005 年 3 月 3 日 (03.03.2005)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2004-062546 2004 年 3 月 5 日 (05.03.2004) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 光洋精工株式会社 (KOYO SEIKO CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5420081 大阪府大阪市中央区南船場三丁目 5 番 8 号 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 應矢 敏明 (OYA, Toshiaki) [JP/JP]; 〒5928342 大阪府堺市浜寺船尾町西 1-5 0 Osaka (JP). 酒巻 正彦 (SAKAMAKI, Masahiko) [JP/JP]; 〒4442145 愛知県岡崎市東蔵前 2-1 6-8-2 0 6 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人サンクレスト国際特許事務所 (SUNCREST PATENT AND TRADEMARK ATTORNEYS); 〒6510096 兵庫県神戸市中央区雲井通四丁目 2 番 2 号 神戸いすゞリクルートビル Hyogo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT,

[続葉有]

(54) Title: MOTOR-DRIVEN POWER STEERING DEVICE

(54) 発明の名称: 電動パワーステアリング装置



(57) Abstract: A motor-driven power steering device includes a band inhibit filter (15a) having a transmittance  $G_1(s)$  suppressing resonance and a phase compensator (15b) having a transmittance  $G_2(s)$ . Moreover, the  $G_1(s)$  is expressed by  $(s^2 + 2\xi_{11}\omega_1 + \omega_1^2)/(s^2 + 2\xi_{12}\omega_1 + \omega_1^2)$ , wherein  $s$  is a Laplace operator,  $\xi_{11}$  and  $\xi_{12}$  are attenuation coefficients, and  $\omega_1$  is angular frequency. The  $G_2(s)$  is expressed by  $(s^2 + 2\xi_{21}\omega_2 + \omega_2^2)/(s^2 + 2\xi_{22}\omega_2 + \omega_2^2)$ , wherein  $\xi_{21}$  and  $\xi_{22}$  are attenuation coefficients, and  $\omega_2$  is angular frequency. Furthermore, the attenuation coefficients  $\xi_{21}$  and  $\xi_{22}$  satisfy  $\xi_{21} \geq \xi_{22} \geq 1$ . Thus, it is possible to suppress increase of the operation load and assure degree of freedom of filter design such as phase compensation. For example, it is possible to suppress resonance and obtain assist response in the normal steering speed region.

(57) 要約: 電動パワーステアリング装置において、共振を抑制する伝達関数  $G_1(s)$  を持つ帯域阻止フィルタ 15a と、伝達関数が  $G_2(s)$  である位相補償器 15b とを設ける。また、前記  $G_1(s)$  は、

[続葉有]



WO 2005/085041 A1



LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI,  
NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,  
SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,  
UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),  
OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML,  
MR, NE, SN, TD, TG).

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU,

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

ラプラス演算子を  $s$  とし、減衰係数を  $\zeta_{11}$ 、 $\zeta_{12}$  とし、角周波数を  $\omega_1$  としたときに、 $(s^2 + 2\zeta_{11}\omega_1 + \omega_1^2) / (s^2 + 2\zeta_{12}\omega_1 + \omega_1^2)$  で表され、前記  $G_2(s)$  は、減衰係数を  $\zeta_{21}$ 、 $\zeta_{22}$  とし、角周波数を  $\omega_2$  としたときに、 $(s^2 + 2\zeta_{21}\omega_2 + \omega_2^2) / (s^2 + 2\zeta_{22}\omega_2 + \omega_2^2)$  で表される。さらに、前記減衰係数  $\zeta_{21}$ 、 $\zeta_{22}$  は、 $\zeta_{21} \geq \zeta_{22} \geq 1$  を満足する。これにより、演算負荷の増大を抑制しつつ位相補償のようなフィルタの設計自由度を確保して、例えば共振の抑制と通常操舵速度領域でのアシストの応答性を両立させることができる。

## 明 細 書

## 電動パワーステアリング装置

## 技術分野

[0001] 本発明は、電動パワーステアリング装置に関するものである。

## 背景技術

[0002] 電動パワーステアリング装置は、運転者がハンドル(ステアリングホイール)に加える操舵トルクに基づいて電動モータを駆動することにより操舵機構に操舵補助トルクを与えるものである。より具体的には、電動パワーステアリング装置は、トルクセンサによって検出された操舵トルクに基づいて設定される目標値の電流が、操舵補助トルクを発生させる電動モータに流れるように電流制御(フィードバック制御)を行う。

[0003] 従来の電動パワーステアリング装置には、例えば特開平8-290778号公報に記載されているように、制御系の安定性を向上させるための安定補償器をトルクセンサの後段に設けたものがある。この従来装置の安定補償器は、特性式を $G(s) = (s^2 + a_1 s + a_2) / (s^2 + b_1 s + b_2)$ とするものであり、ここで、 $s$ はラプラス変換子、 $a_1, a_2, b_1, b_2$ は共振系の共振周波数により決定されるパラメータである。

[0004] また、本出願人は、特開2004-216952号において、制御系としての安定性を確保しつつ応答性を改善するために、伝達関数 $G_c(s)$ の帯域阻止フィルタと同型の位相補償手段を設けた電動パワーステアリング装置を提案している。前記伝達関数 $G_c(s)$ は $G_c(s) = (s^2 + 2\zeta_2 \omega_2 s + \omega_2^2) / (s^2 + 2\zeta_1 \omega_1 s + \omega_1^2)$ で表され、ここで、 $\zeta_1$ は補償後の減衰係数、 $\zeta_2$ は被補償系の減衰係数、 $\omega_1$ は補償後の自然角周波数、 $\omega_2$ は被補償系の自然角周波数である。 $G_c(s)$ は、トルク開ループ伝達関数のゲイン特性において機械系固有振動とモータの逆起電力とに基づき現れるピークを低減または打ち消すような値に設定される。

[0005] 前記位相補償手段のボード線図は、例えば、図7のようになる。図7の実線で示す位相特性から明らかなように、前記位相補償手段によれば、電動パワーステアリング装置の位相特性が落ち込み安定余裕が小さくなる20Hzよりも高い周波数域で、位相を進めることができるため、系の安定性を高めることができる。

また、伝達関数 $G_c(s)$ によって表される位相補償手段は、帯域阻止フィルタと同型であるため、図7の実線で示すゲイン特性から明らかなように、系において生じる共振(共振周波数:10〜30Hz;図7のA付近)を抑制することができる。

[0006] ところが、前記位相補償手段において、共振を抑制する効果を過剰に追求すると、通常の操舵速度領域(図7のB付近の周波数域)において、ゲインが低下し、しかもアシスト(操舵補助)の応答遅れが大きくなり、操舵感に悪影響を及ぼす。

つまり、共振を抑制しようとして、位相補償手段の共振周波数におけるゲインをマイナス側に大きくすると、共振周波数付近だけでなく、共振周波数を中心として広い周波数域でゲインがマイナス側になってしまう(図7のゲイン特性の一点鎖線参照)、しかも、共振周波数よりも高い周波数域(図7のA付近)の位相進みは大きくなるが、共振周波数よりも低い周波数域(図7のB付近)の位相遅れが大きくなってしまう(図7の位相特性の一点鎖線参照)。

[0007] 通常の操舵速度領域Bの応答遅れを最低限に抑え、しかも共振周波数のゲインを小さくするには、前記位相補償手段の伝達関数 $G_c(s)$ において、 $\zeta_2 < \zeta_1 < 1$ とする方法も考えられる。

しかし、この方法では、コントローラ(マイクロコンピュータ)の演算負荷が大きい浮動小数点演算が避けられず、高速処理が要求される電動パワーステアリングでは、実用性に欠ける。

[0008] 以上のように、伝達関数 $G_c(s)$ では、共振の抑制と、通常の操舵速度領域でのアシストの応答性を両立させることが困難な場合があった。また、その他の所望の特性を得ようとしても演算負荷を抑えつつ設計の自由度を確保するのが困難であった。

そこで、本発明は、演算負荷の増大を抑制しつつ位相補償のようなフィルタの設計自由度を確保して、例えば共振の抑制と通常操舵速度領域でのアシストの応答性を両立させることを目的とする。

## 発明の開示

[0009] 上記目的を達成するための本発明は、検出された操舵トルクに基づいて操舵補助トルクを発生するトルク制御系を有する電動パワーステアリング装置において、前記トルク制御系の位相特性又はゲイン特性を改善させるフィルタ部を備え、前記フィルタ

部は、共振を抑制する伝達関数 $G_1(s)$ を持つ第1フィルタと、伝達関数が $G_2(s)$ である第2フィルタとを含む多段フィルタとして構成され、前記 $G_1(s)$ は、 $s$ :ラプラス演算子、 $\zeta_{11}$ :減衰係数、 $\zeta_{12}$ :減衰係数、 $\omega_1$ :角周波数とおいたときに下記式(1-1)で表され、

$$(s^2 + 2\zeta_{11}\omega_1 + \omega_1^2) / (s^2 + 2\zeta_{12}\omega_1 + \omega_1^2) \cdots \cdots (1-1)$$

前記 $G_2(s)$ は、 $s$ :ラプラス演算子、 $\zeta_{21}$ :減衰係数、 $\zeta_{22}$ :減衰係数、 $\omega_2$ :角周波数とおいたときに下記式(2-1)で表され、

$$(s^2 + 2\zeta_{21}\omega_2 + \omega_2^2) / (s^2 + 2\zeta_{22}\omega_2 + \omega_2^2) \cdots \cdots (2-1)$$

前記 $\zeta_{21}$ 、 $\zeta_{22}$ は、下記式(2-2)を満足する

$$\zeta_{21} \geq \zeta_{22} \geq 1 \cdots \cdots (2-2)$$

ことを特徴とする。

- [0010] 本発明によれば、前記フィルタ部は、伝達関数が $G_1(s)$ である第1フィルタと、伝達関数が $G_2(s)$ である第2フィルタとを含む多段フィルタとして構成されており、フィルタ部全体としては、 $G_1(s)$ と $G_2(s)$ を合成した特性を持つ。

そして、 $G_2(s)$ は $G_1(s)$ を改善するようにフィルタ設計すれば、 $G_1(s)$ 単独でフィルタ設計するよりも、所望の特性を比較的簡単に得られる。また、各フィルタは2次の低い次数のままで演算負荷を小さくでき、実質的に4次のフィルタと同様に設計自由度が確保される。

よって、例えば、カットしたい共振周波数のゲインを高くすることなく、通常操舵速度領域である比較的低周波領域の位相遅れを小さくすることが簡単に行える。

- [0011] 前記 $\omega_1$ 、 $\omega_2$ は、 $\omega_1 = \omega_2$ が好ましく、あるいは $\omega_1 \neq \omega_2$ であってもよい。 $\omega_1 = \omega_2$ とした場合、 $G_1(s)$ と $G_2(s)$ とは対称的な特性となり設計が比較的容易である。また、 $\omega_1 \neq \omega_2$ とした場合には設計自由度が一層高まる。

## 図面の簡単な説明

- [0012] [図1]電動パワーステアリング装置の構成をそれに関連する車両構成と共に示す概略図である。

[図2]電動パワーステアリング装置の要部構成を示すブロック図である。

[図3]帯域阻止フィルタ単独の特性と、本発明のフィルタ部の特性とを示すボード線

図である。

[図4]共振除去フィルタ部及び共振除去フィルタ部の構成要素の特性を示すボード線図である。

[図5]制御対象の特性、本発明のフィルタ部の特性、及び制御対象にフィルタ部を作用させたときの特性を示すボード線図である。

[図6]制御対象の特性、帯域阻止フィルタ単独の特性、及び制御対象に帯域阻止フィルタを作用させたときの特性を示すボード線図である。

[図7]位相補償手段の特性を示すボード線図である。

### 発明を実施するための最良の形態

[0013] 以下、本発明の好ましい実施形態を図面に基づいて説明する。

図1は、電動パワーステアリング装置の構成を、それに関連する車両構成と共に示している。この電動パワーステアリング装置は、操舵部材としてのハンドル(ステアリングホイール)100に一端が固着されるステアリングシャフト102と、そのステアリングシャフト102の他端に連結されたラックピニオン機構104と、を備えている。

[0014] ステアリングシャフト102が回転すると、その回転はラックピニオン機構104によってラック軸の往復運動に変換される。ラック軸の両端はタイロッドおよびナックルアームからなる連結部材106を介して車輪108に連結されており、ラック軸の往復運動に応じて車輪108の向きが変わる。

[0015] また、電動パワーステアリング装置は、ハンドル100の操作によってステアリングシャフト102に加えられる操舵トルクを検出するトルクセンサ3と、操舵補助トルクを発生させる電動モータ(ブラシレスモータ)6と、そのモータ6の発生する操舵補助トルクをステアリングシャフト102に伝達する減速ギヤ7と、車載バッテリー8からスイッチ9を介して電源の供給を受けて、トルクセンサ3などからのセンサ信号に基づきモータ6の駆動を制御する電子制御ユニット(ECU)5と、を備えている。

[0016] このような電動パワーステアリング装置を搭載した車両において、運転者がハンドル100を操作すると、その操作による操舵トルクがトルクセンサ3によって検出され、その操舵トルク $T_s$ の検出値や車速などに基づいてECU5によりモータ6が駆動され、操舵補助トルクが発生する。操舵補助トルクが減速ギヤ7を介してステアリングシャフ

ト102に加えられることにより、操舵操作による運転者の負担が軽減される。すなわち、ハンドル操作によって加えられる操舵トルク $T_s$ と、モータ6の発生する操舵補助トルク $T_a$ との和が、出力トルク $T_b$ として、ステアリングシャフト102に与えられて操舵が行われる。

[0017] 図2は、電動パワーステアリング装置の制御装置としてのECU5を中心とする要部構成を示すブロック図である。ECU5には、ハンドル100に加えられた操舵トルクを検出するトルクセンサ3および車速を検出する車速センサ4の出力信号が与えられる。

ECU5は、マイクロコンピュータを含む構成であって、このマイクロコンピュータがプログラムを実行することにより複数の機能処理部を実質的に有し、制御対象であるステアリング装置に対するトルク制御を行うトルク制御系を構成している。

複数の機能処理部は、フィルタリング処理を行うフィルタ部15を有し、さらに、トルク信号 $T_s$ 及び車速センサ4から出力された車速信号に応じた目標電流値を設定する目標電流値設定部16と、目標電流値設定部16によって設定された目標電流値に基づいて電動モータ6をフィードバック制御するモータ制御部17とを含んでいる。

[0018] トルクセンサ3は、ハンドル100の操作によって与えられる操舵トルク $T_s$ を検出する。すなわち、ステアリングシャフト102におけるハンドル100側の部分と減速ギヤ7を介して操舵補助トルク $T_a$ の加えられる部分との間にトーションバーが介装されており、トルクセンサ3は、そのトーションバーのねじれを検出することにより操舵トルク $T_s$ を検出する。このようにして検出された操舵トルク $T_s$ の検出値は、操舵トルク検出信号(以下、これも符号" $T_s$ "で示すものとする)としてトルクセンサ3から出力され、ECU5内の目標電流値設定部16に入力される。

[0019] 目標電流値設定部16は、操舵トルク検出信号 $T_s$ と、車速センサ4からの車速信号とに基づき、モータ6に供給すべき電流の目標値を算出し、目標電流値 $I_t$ として出力する。

フィルタ部15は、この目標電流値 $I_t$ に対してフィルタリング処理を施し、フィルタリング後の目標電流値をモータ制御部17に与える。

モータ制御部17は、与えられた目標電流値に対し、実際にモータ6に流れる電流値 $I_s$ が一致するように電流制御を行う。その電流制御としては、例えば、目標電流値

と実電流値 $I_s$ との偏差が打ち消されるようにモータ6に印加すべき電圧の指令値を算出する比例積分制御が行われる。モータ制御部17は、その電圧指令値に応じてモータ6に電圧を印加する。

モータ6は、その電圧印加によって流れる電流に応じた操舵補助力としてのトルク $T_m$ を発生し、このトルク $T_m$ は、減速ギヤ7を介し操舵補助トルク $T_a$ としてステアリングシャフト102に伝達される。

[0020] 前記フィルタ部15は、系の共振を除去又は抑制するための共振除去(抑制)フィルタ部として構成されている。この共振除去フィルタ部15は、第1フィルタとしての帯域阻止フィルタ15aと、第2フィルタとしての位相補償器15bとを備えた二段フィルタとして構成されている。

帯域阻止フィルタ15aの伝達関数 $G_1(s)$ は、下記式(1-1)の通りである。

$$G_1(s) = (s^2 + 2\zeta_{11}\omega_1 + \omega_1^2) / (s^2 + 2\zeta_{12}\omega_1 + \omega_1^2) \quad \dots\dots(1-1)$$

ここで、 $s$ :ラプラス演算子、 $\zeta_{11}$ :減衰係数、 $\zeta_{12}$ :減衰係数、 $\omega_1$ :角周波数

また、前記式(1-1)において、前記 $\zeta_{11}$ 、 $\zeta_{12}$ は、電動パワーステアリング装置のトルク制御における共振を抑制するため下記式(1-2)(1-3)を満足する。

$$0 < \zeta_{11} \leq 1 \quad \dots\dots(1-2)$$

$$\zeta_{12} \geq 1 \quad \dots\dots(1-3)$$

[0021] 前記位相補償器15bの伝達関数 $G_2(s)$ は、帯域阻止フィルタ15aの伝達関数 $G_1(s)$ と同型であり、下記式(2-1)の通りである。

$$G_2(s) = (s^2 + 2\zeta_{21}\omega_2 + \omega_2^2) / (s^2 + 2\zeta_{22}\omega_2 + \omega_2^2) \quad \dots\dots(2-1)$$

ここで、 $s$ :ラプラス演算子、 $\zeta_{21}$ :減衰係数、 $\zeta_{22}$ :減衰係数、 $\omega_2$ :角周波数

前記式(2-1)において、前記 $\zeta_{21}$ 、 $\zeta_{22}$ は、通常の操舵領域での位相遅れを低減するために下記式(2-2)を満足する。

$$\zeta_{21} \geq \zeta_{22} \geq 1 \quad \dots\dots(2-2)$$

なお、前記 $\zeta_{21}$ 、 $\zeta_{22}$ は、下記式(2-3)を満足するのがより好ましい。

$$\zeta_{21} > \zeta_{22} > 1 \quad \dots\dots(2-3)$$

[0022] 図3は、比較例としての帯域阻止フィルタ型の位相補償器単独のボード線図(図3中の(a))と、帯域阻止フィルタ15a及び位相補償器15bの組み合わせとして構成さ



れた本発明に係るフィルタ部15のボード線図(図3中の(b))を例示している。

この図3により、帯域阻止フィルタ単独よりも、帯域阻止フィルタ15a及び位相補償器15bの組み合わせの方が、カットしたい共振周波数(10〜30Hz付近)のゲインを高くすることなく、通常操舵領域である比較的低周波領域(1〜3Hz付近)の位相遅れが小さくなるのが分かる。また、低周波領域におけるゲインが小さくなるのを防止できている。

このように、共振除去フィルタ部15は、帯域阻止フィルタ単独よりも良好な特性が得られている。

- [0023] 図4は、帯域阻止フィルタ15aと位相補償器15bの組合せとして構成された共振除去フィルタ部15の考え方を示すボード線図である。図4においては、帯域阻止フィルタ15a(伝達関数 $G_1(s)$ )のボード線図(図4中の(c))と、位相補償器15b(伝達関数 $G_2(s)$ ;  $\zeta_{21} \geq \zeta_{22} \geq 1$ )のボード線図(図4中の(d))を例示している。

帯域阻止フィルタ15aは、共振周波数におけるゲインを小さくし、20Hzよりも高い周波数で位相を進めて安定性を高める特性を持っている。その一方、帯域阻止フィルタ15a単独では、通常操舵領域である低周波数域(1〜3Hz付近)でのゲインの低下や位相遅れを生じさせる。

- [0024] 位相補償器15bは、 $\zeta_{21} \geq \zeta_{22} \geq 1$ としたため、ゲインの最大値は小さいが、位相の進みや遅れが生じる周波数領域が帯域阻止フィルタ15aよりも広くなり、共振周波数から離れた周波数の位相特性を改善するように作用する。すなわち、特性(d)は、特性(c)によって位相遅れを生じさせていた低周波数領域において位相進みを生じさせるが、共振周波数におけるゲインの最大値が特性(c)によるゲイン抑制効果を打ち消すほど大きくないため、応答性の改善が可能となる。

このように、共振除去フィルタ部15において所望の特性を得るには、帯域阻止フィルタ15aの特性(図4の(c))を考慮しつつ、この位相補償器15bの特性を適宜決定すればよい。ため、共振除去フィルタ部15の設計が容易である。

- [0025] 図4の(b)(図3の(b)と同じ)に示すように、帯域阻止フィルタ15aと位相補償器15bを合成した共振除去フィルタ部15全体(伝達関数 $G_1(s) \cdot G_2(s)$ )では、共振を抑制しつつ、通常の操舵領域の周波数での位相遅れを低減し、アシストの応答性を良好

にすることができる。また、ゲイン特性においても低周波数領域でのゲイン低下を打ち消すことができる。

また、 $\zeta_{21} \geq \zeta_{22} \geq 1$ であるため、浮動小数点演算が避けられ、ECU5の演算負荷を著しく小さくできる。

しかも、帯域阻止フィルタ15aに位相補償器15bを追加しても、位相補償器15bは、伝達関数が帯域阻止フィルタ15aと同型の2次であるため、その設計も容易である。さらに、2次の帯域阻止フィルタ15aに2次の位相補償器を追加したことで、共振除去フィルタ部15は実質的に4次となっているが、2次と2次の組み合わせであれば、4次のフィルタを当初から設計するよりも設計が容易である。

[0026] 図4に示す帯域阻止フィルタ15aと位相補償器15bの特性(c)(d)は、 $\omega_1 = \omega_2$ としたものであり、0[dB]又は0[deg]を中心としてほぼ対称的な特性(ただし、大きさは異なる)となっている。したがって、共振除去フィルタ部15全体の特性は、 $\omega_1$ 、 $\omega_2$ を基点として線又は点对称的となっている。

また、求められる共振除去フィルタ部15の特性によっては、 $\omega_1$ と $\omega_2$ を異なる値に設定してもよく、この場合、 $\omega_1$ 、 $\omega_2$ を異なる値に設定することによって、共振除去フィルタ部15の特性の自由度が高まる。

## 実施例

[0027] 制御対象(2次遅れ系)の伝達関数P(s):

$$P(s) = (\omega_1^2 / (s^2 + 2\zeta\omega_1s + \omega_1^2)) \cdot (\omega_2 / (s + \omega_2))$$

ここで、 $\omega_1 = 16.5 \times 2\pi$ 、 $\omega_2 = 300 \times 2\pi$ 、 $\zeta = 0.4$ の場合、制御対象のボード線図は、図5の(e)のようになる。すなわち、制御対象では、16.5Hzで共振ピークが生じ、高周波で位相遅れが生じている。

[0028] これに共振除去フィルタ部15(伝達関数 $G_1(s) \cdot G_2(s)$ )を作用させる。

ただし、 $G_1(s)$ 、 $G_2(s)$ において、

$$\omega_1 = 10 \times 2\pi, \zeta_{11} = 0.5, \zeta_{12} = 1.1$$

$$\omega_2 = 6 \times 2\pi, \zeta_{21} = 1.3, \zeta_{22} = 1.05$$

この場合、共振除去フィルタ部15のボード線図は、図5(f)のようになり、制御対象に共振除去フィルタ部15を作用させた場合の特性は、図5(g)のようになる。

[0029] 比較例として、制御対象(伝達関数 $P(s)$ )に、帯域阻止フィルタ15a単独を作用させた場合のボード線図を図6に示す。図6において、(e)は制御対象の特性であり、(h)は帯域阻止フィルタ15a単体の特性であり、(i)は制御対象に帯域阻止フィルタ15aを作用させた場合の特性である。

実施例の特性である図5(g)と、比較例の特性である図6(i)を比較すると、いずれも共振が抑制されているが、通常操舵領域である低周波領域では、ゲイン・位相共に図6(i)よりも図5(g)の方が性能向上していることがわかる。

## 請求の範囲

- [1] 検出された操舵トルクに基づいて操舵補助トルクを発生するトルク制御系を有する電動パワーステアリング装置において、

前記トルク制御系の位相特性又はゲイン特性を改善させるフィルタ部を備え、

前記フィルタ部は、共振を抑制する伝達関数 $G_1(s)$ を持つ第1フィルタと、伝達関数が $G_2(s)$ である第2フィルタとを含む多段フィルタとして構成され、

前記 $G_1(s)$ は、 $s$ :ラプラス演算子、 $\zeta_{11}$ :減衰係数、 $\zeta_{12}$ :減衰係数、 $\omega_1$ :角周波数とおいたときに下記式(1-1)で表され、

$$(s^2 + 2\zeta_{11}\omega_1 + \omega_1^2) / (s^2 + 2\zeta_{12}\omega_1 + \omega_1^2) \cdots \cdots (1-1)$$

前記 $G_2(s)$ は、 $s$ :ラプラス演算子、 $\zeta_{21}$ :減衰係数、 $\zeta_{22}$ :減衰係数、 $\omega_2$ :角周波数とおいたときに下記式(2-1)で表され、

$$(s^2 + 2\zeta_{21}\omega_2 + \omega_2^2) / (s^2 + 2\zeta_{22}\omega_2 + \omega_2^2) \cdots \cdots (2-1)$$

前記 $\zeta_{21}$ 、 $\zeta_{22}$ は、下記式(2-2)を満足する

$$\zeta_{21} \geq \zeta_{22} \geq 1 \cdots \cdots (2-2)$$

ことを特徴とする電動パワーステアリング装置。

- [2] 前記 $\omega_1$ 、 $\omega_2$ は、下記式(3)を満足する

$$\omega_1 = \omega_2 \cdots \cdots (3)$$

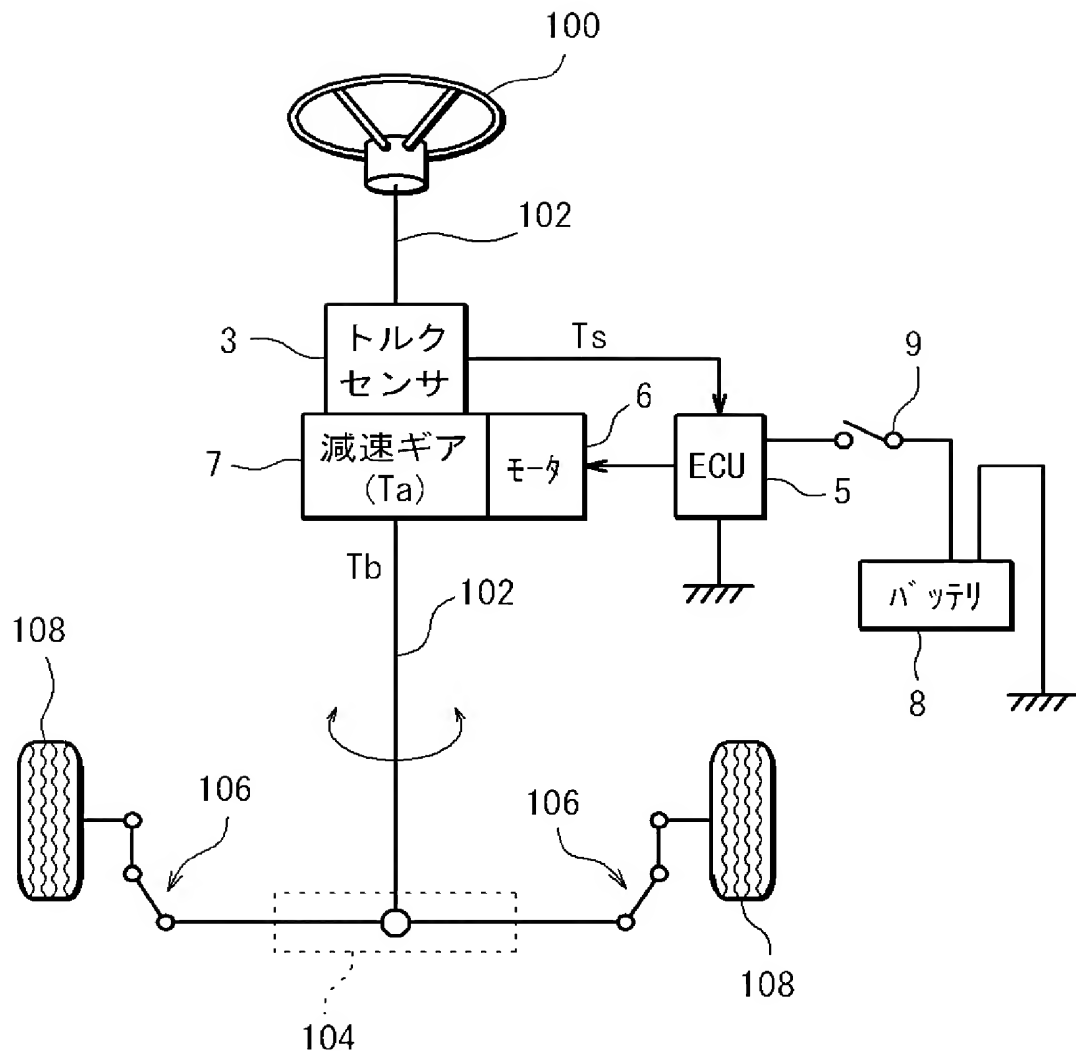
ことを特徴とする請求項1記載の電動パワーステアリング装置。

- [3] 前記 $\omega_1$ 、 $\omega_2$ は、下記式(4)を満足する

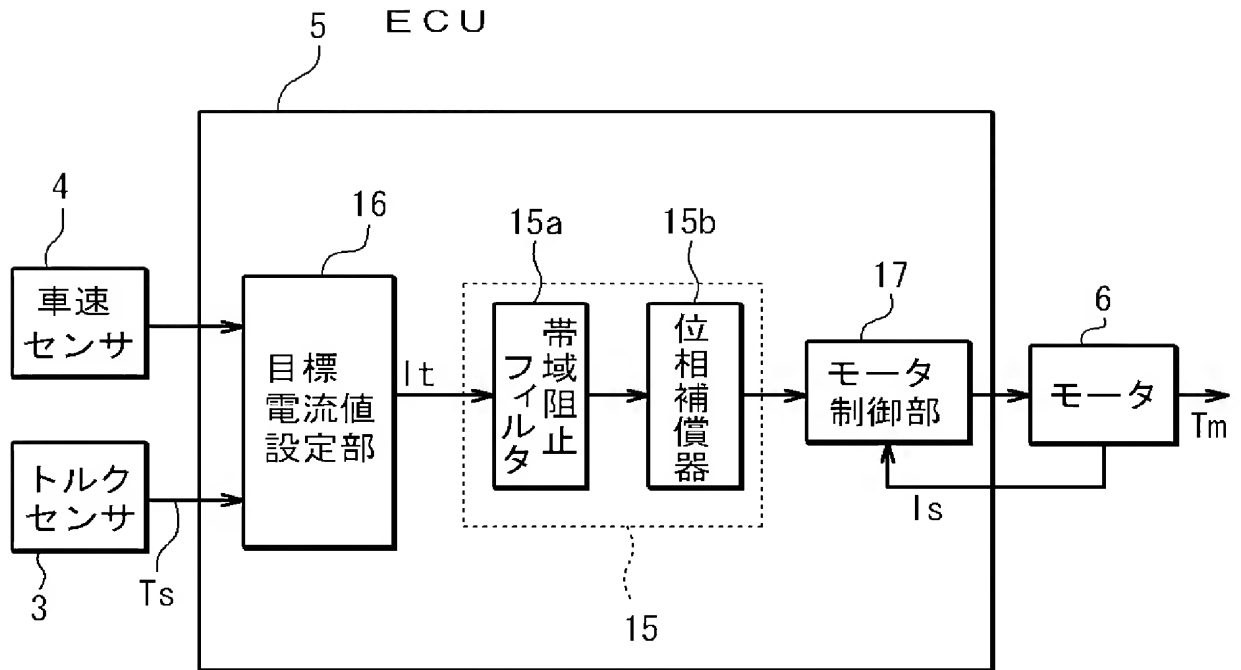
$$\omega_1 \neq \omega_2 \cdots \cdots (4)$$

ことを特徴とする請求項1記載の電動パワーステアリング装置。

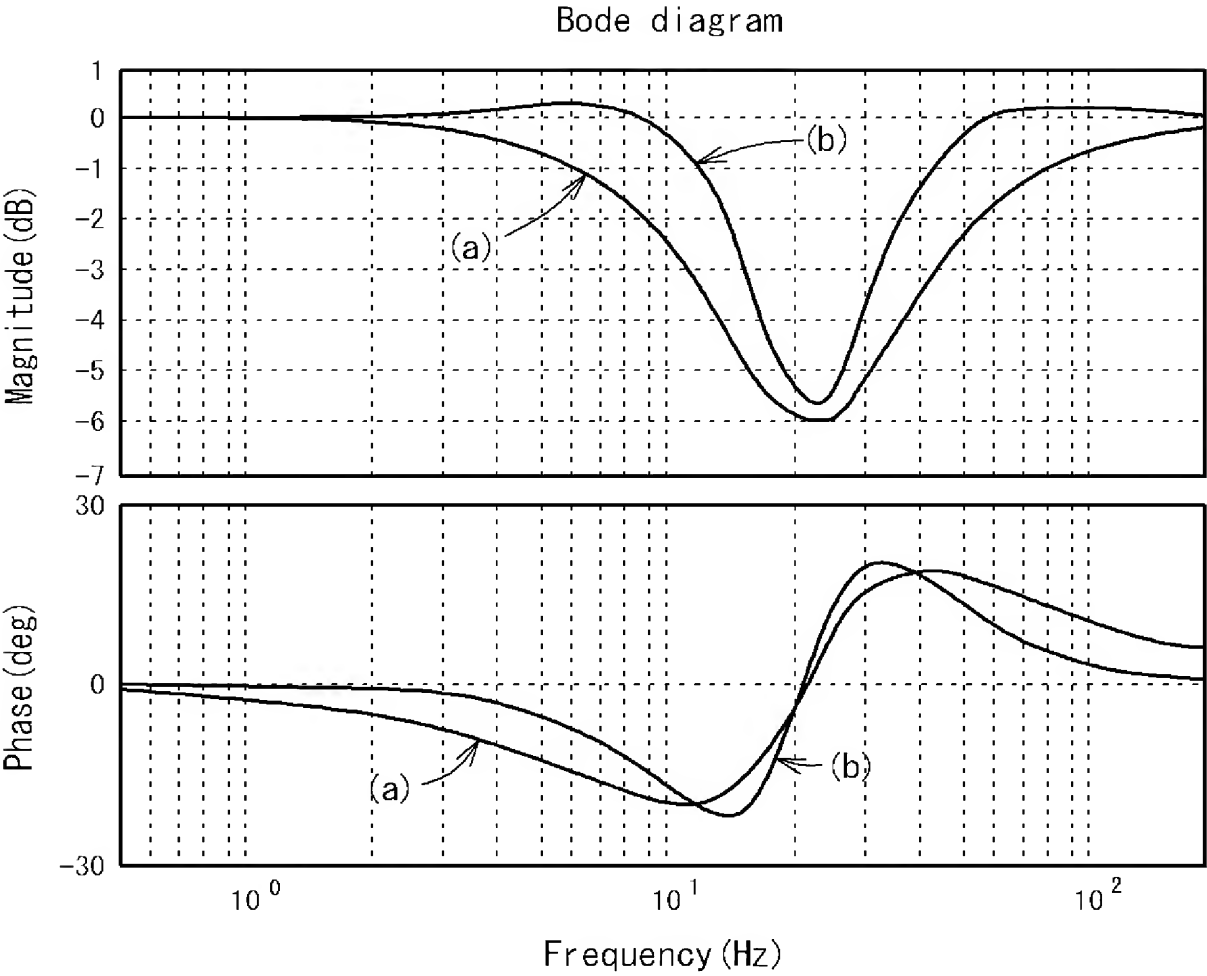
[図1]



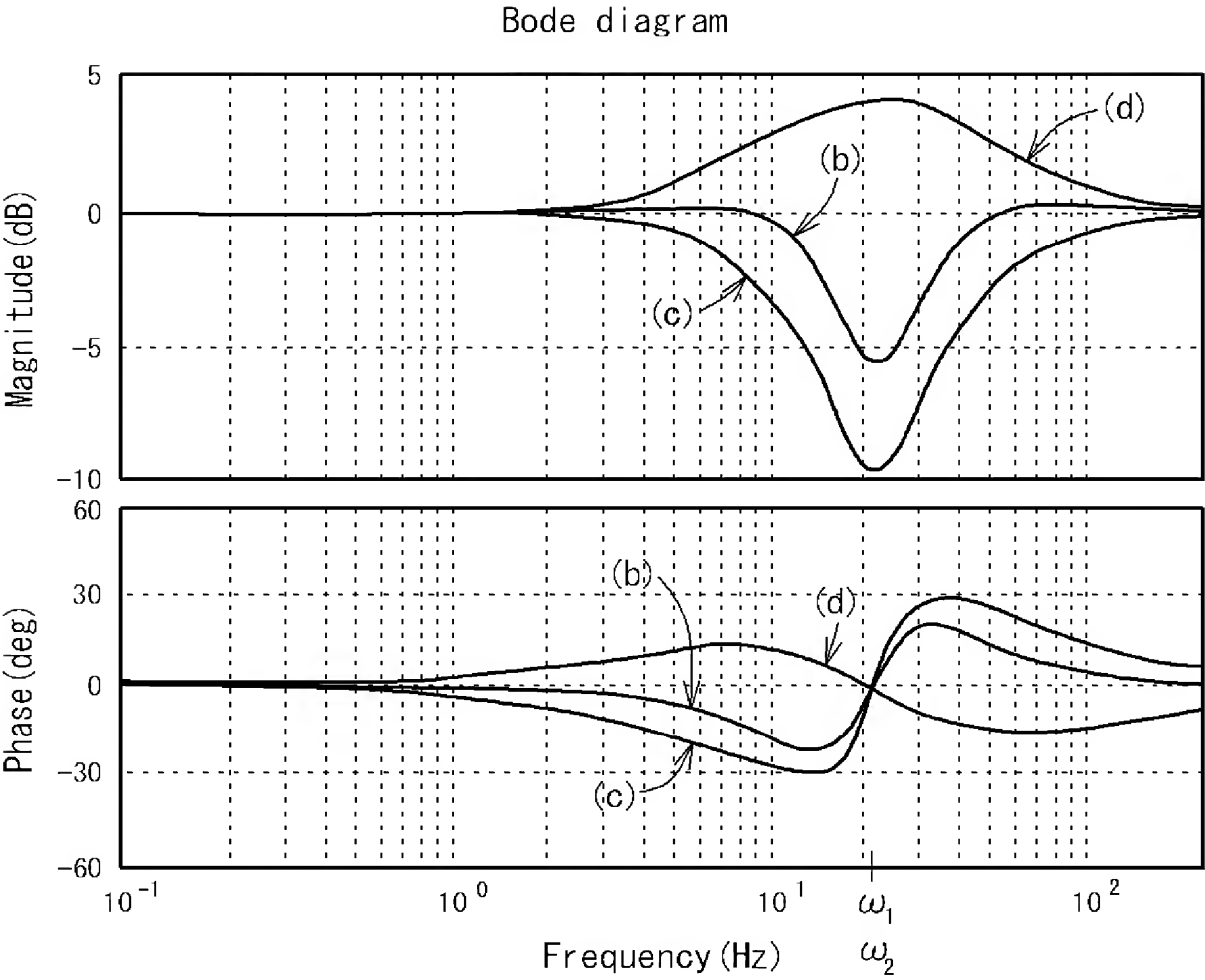
[図2]



[図3]

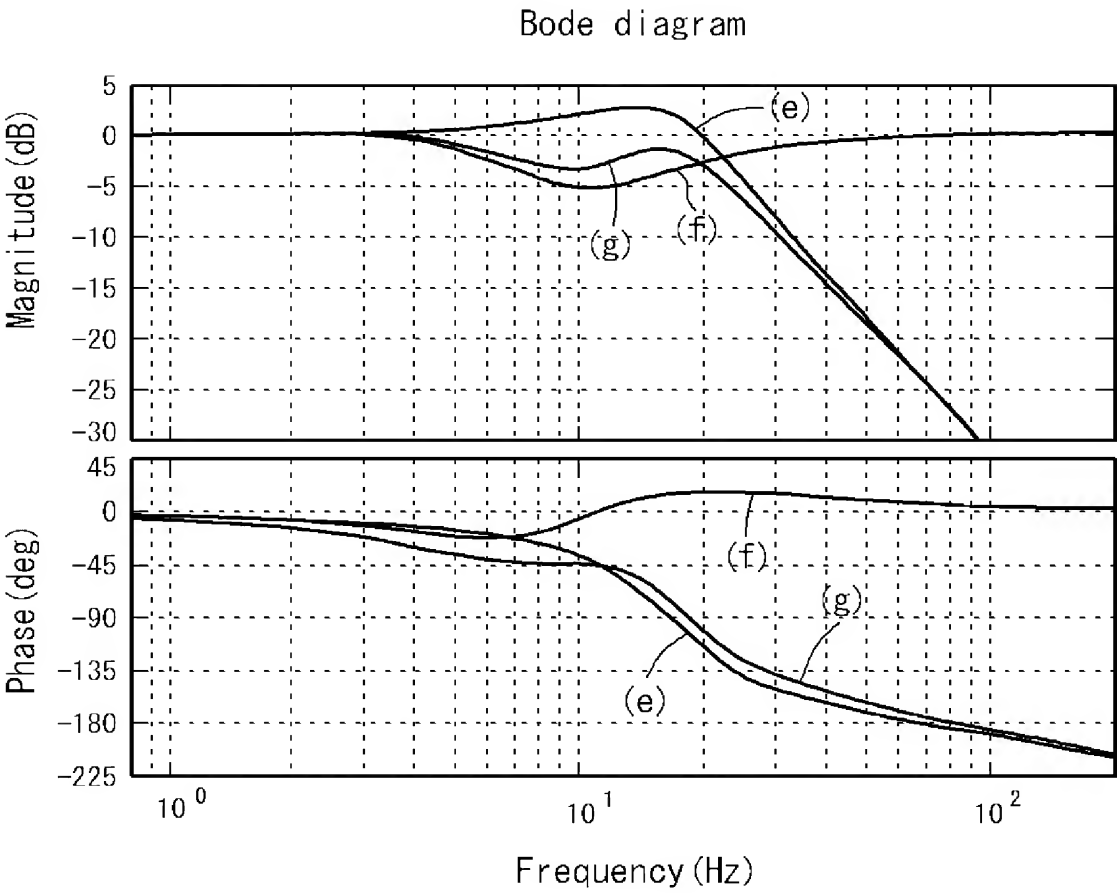


[図4]

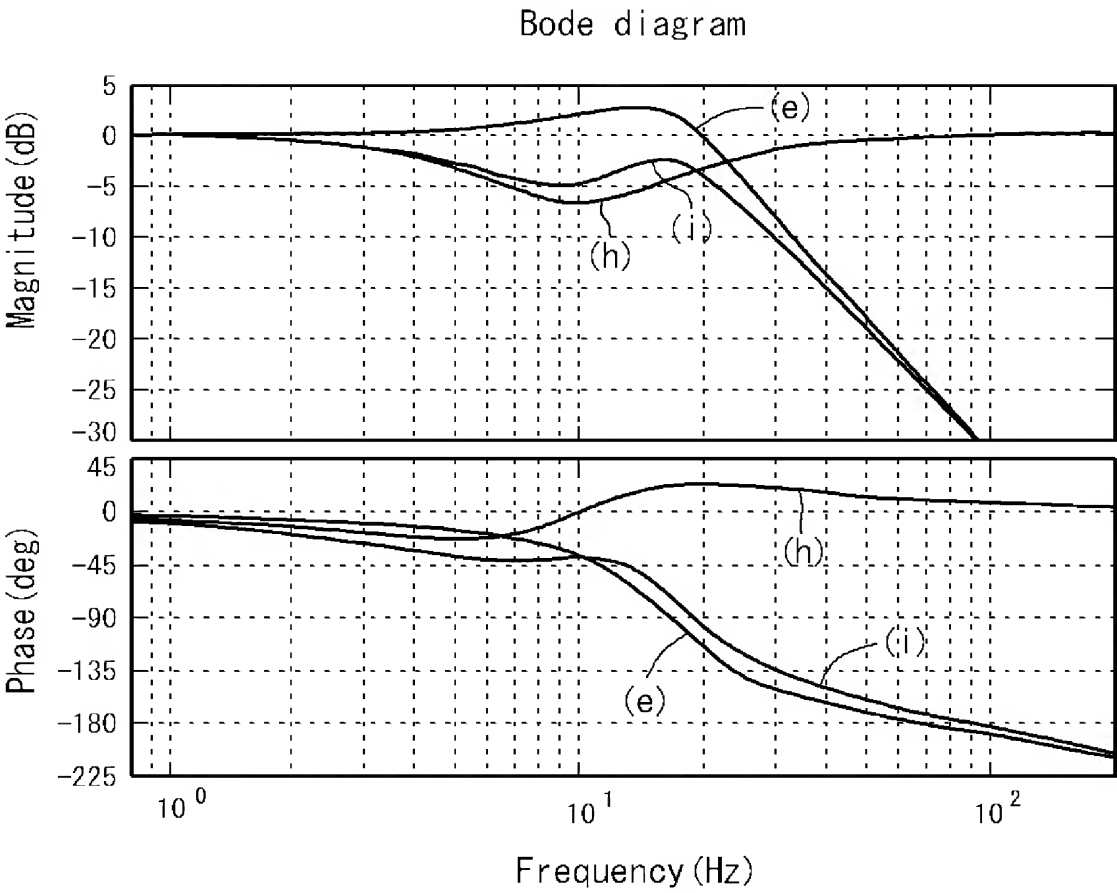




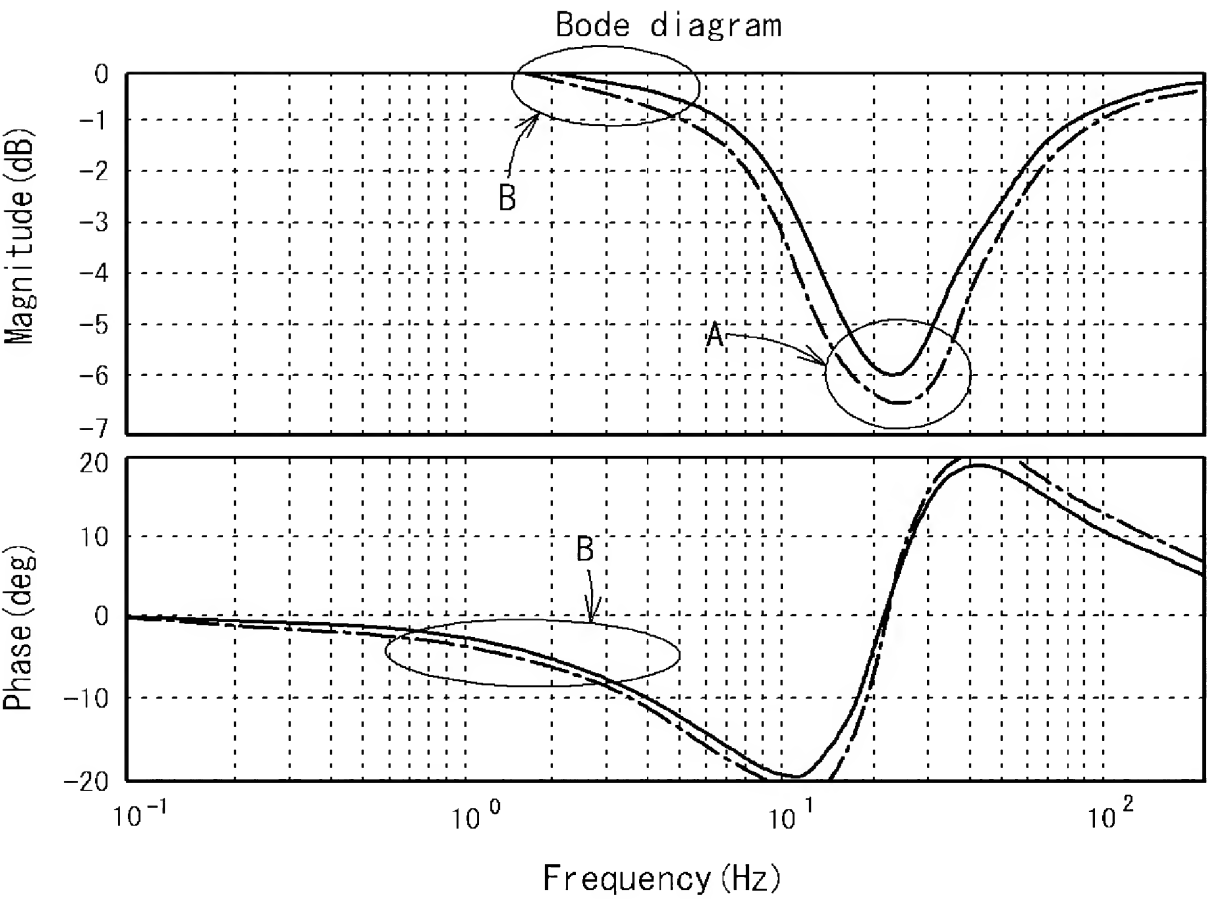
[図5]



[図6]



[図7]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/003607

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl.<sup>7</sup> B62D6/00, 5/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.<sup>7</sup> B62D6/00, 5/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 8-108857 A (NSK Ltd.), 30 April, 1996 (30.04.96), Page 3, column 4, line 20 to page 4, column 5, line 11; Figs. 3 to 4 (Family: none)	1-3
A	JP 8-290778 A (NSK Ltd.), 05 November, 1996 (05.11.96), Full text; all drawings & US 5732373 A1	1-3
A	JP 2003-170855 A (NSK Ltd.), 17 June, 2003 (17.06.03), Full text; all drawings (Family: none)	1-3

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date  
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art  
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
15 April, 2005 (15.04.05)

Date of mailing of the international search report  
10 May, 2005 (10.05.05)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.<sup>7</sup> B62D6/00, 5/04

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.<sup>7</sup> B62D6/00, 5/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 8-108857 A (日本精工株式会社) 1996.04.30, 第3ページ第4欄第20行~第4ページ第5欄第11行、第3~4図 (ファミリーなし)	1-3
A	JP 8-290778 A (日本精工株式会社) 1996.11.05, 全文、全図 & US 5732373 A1	1-3
A	JP 2003-170855 A (日本精工株式会社) 2003.06.17, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-3

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

15.04.2005

国際調査報告の発送日

10.5.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

森林 宏和

電話番号 03-3581-1101 内線 3381

3Q

3419